

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 30 JUL 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 17 967.4

Anmeldetag: 17. April 2003

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Elektrische Maschine mit Statorkühleinrichtung

Zusatz: zu DE 102 25 224.6

IPC: H 02 K 9/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Dzierzon

Beschreibung

Elektrische Maschine mit Statorkühleinrichtung

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf eine elektrische Maschine mit
- einem drehbar gelagerten Rotor,
 - einem zugeordneten, ortsfesten Stator
- sowie
- einer Einrichtung zur Kühlung zumindest des Stators oder
- 10 Teilen von diesem.

Eine entsprechende Maschine ist der EP 0 853 370 A1 zu entnehmen.

- 15 Im Stator/Ständer von Maschinen bzw. Motoren insbesondere mit höherer Leistung kann eine erhebliche Wärme entwickelt werden, die im Hinblick auf eine höhere Maschineneffizienz mittels kühltechnischer Maßnahmen abzuführen ist. So sind z.B. luftgekühlte Maschinen wie z.B. Generatoren bekannt (vgl. die eingangs genannte EP-A1-Schrift). Auch eine Kühlung von Stator und Rotor mit H₂-Gas kommt zur Anwendung (vgl. z.B. „Proceedings of the American Power Conference“, Vol. 39, Chicago 1977, Seiten 255 bis 269). Darüber hinaus sind auch wassergekühlte Generatoren Standard.
- 20

- 30 Mit der nicht-vorveröffentlichten DE-Anmeldung 102 25 224.6 vom 6.6.2002 mit dem Titel „Elektrische Maschine mit Stator-kühlung“ wird für eine Maschine mit den eingangs genannten Merkmalen eine besondere Kühleinrichtung vorgeschlagen. Demgemäß soll die Kühleinrichtung dieser Maschine wenigstens eine Kaltfläche einer Kälteeinheit aufweisen, an die zu kühlende Teile des Stators über ein Leitungssystem thermisch angekoppelt sind, in dem eine Zirkulation eines Kältemittels nach einem Thermosyphon-Effekt vorgesehen ist oder erfolgt. Ein solches Leitungssystem wird vielfach auch einfach als
- 35 „Thermosyphon“ bezeichnet.

- Ein derartiges Leitungssystem weist wenigstens eine geschlossene Rohrleitung auf, die zwischen der Kaltfläche einer Kälteeinheit und den zu kühlenden Teilen des Stators mit einem Gefälle verläuft. Das in diesem Leitungssystem befindliche
- 5 Kältemittel rekondensiert dabei an der Kaltfläche der Kälteeinheit und gelangt von dort in den Bereich der zu kühlenden Statorteile, wo es sich erwärmt und dabei im Allgemeinen verdampft. Das so meistens verdampfte Kältemittel strömt dann innerhalb des Leitungssystems wieder zurück in den Bereich
- 10 der Kaltfläche der Kälteeinheit. Die entsprechende Zirkulation des Kältemittels erfolgt demnach auf Grund eines sogenannten „Thermosyphon-Effektes“ in einem Naturumlauf mit Sieden und Verdampfen.
- 15 Gegenüber luftgekühlten Maschinen wird durch teilweise direkte Wärmeabfuhr am Entstehungsort der Wärmeverluste über Thermosyphons eine Reduzierung des Luftvolumenstroms ermöglicht. Damit wird ein Senkung der durch den Luftstrom erzeugten Wärmeentwicklung erreicht, die eine weitere Reduzierung des
- 20 Luftvolumenstromes ermöglicht. Es ergibt sich so eine höhere Maschineneffizienz und Einsparungen bei Produktionskosten insbesondere bei der Wicklung und beim Blechpaket des Stators.
- Bei einer kompletten Kühlung des Stators durch Thermosyphons kann die Leistungsgrenze, ab derer üblicherweise eine Wasserkühlung statt einer Luftkühlung eingesetzt wird, deutlich in höhere Leistungsbereiche geschoben werden.
- 30 Mit der genannten DE-Anmeldung 102 25 224.6 werden ferner folgende besonderen Ausgestaltungen der Maschine vorgeschlagen:
- 35 So kann die Kaltfläche in einfacher Weise an oder in einem Kondensorraum angeordnet sein, der in das Leitungssystem integriert ist.

3

Weiterhin kann in das Leitungssystem ein mit den zu kühlenden Statorteilen in großflächiger wärmeleitender Verbindung stehender Kältemittelraum integriert sein, der einen guten Wärmeaustausch zwischen dem Kältemittel und den zu kühlenden Statorteilen gewährleistet.

Daneben kann der Stator auch Kühlkanäle aufweisen, die Teil des Leitungssystems sind.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die elektrische Maschine vom mit der DE-Anmeldung 102 25 224.6 vorgeschlagenen Typ dahingehend weiterzubilden, dass ihr Thermosyphon-Leitungssystem eine effektive Kühlung vorzugsweise in allen Betriebszuständen der Maschine auf verhältnismäßig einfache Weise ermöglicht.

Diese Aufgabe wird mit den in Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst. Demgemäß soll zumindest ein Großteil der zu kühlenden Teile des Stators im Innenraum eines Statorgehäuses angeordnet sein, der als ein integrierter Teil des Thermosyphon-Leitungssystems ausgebildet ist. Dabei sei angenommen, dass der Großteil der zu kühlenden Statorteile mehr als 50 % des Volumens der sich ohne Kühlung erwärmenden Teile des Stators wie insbesondere die Wicklung und gegebenenfalls Blechpakete zur Magnetflussführung umfasst. Unter einem Statorgehäuse ist in diesem Zusammenhang das den Innenraum mit den zu kühlenden Statorteilen und dem sie kühlenden Kältemittel festlegende Gehäuse zu verstehen.

Die mit dieser Ausgestaltung der Maschine verbundenen Vorteile sind hauptsächlich darin zu sehen, dass die wärmeerzeugenden Teile des Stators zumindest weitgehend als Wärmetauscherflächen dem Kältemittel ausgesetzt sind, so dass eine entsprechend gute Wärmeaufnahme durch das Kältemittel gewährleistet wird.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Maschine mit einer derartigen Statorkühlung gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

5 So stehen zweckmäßig die zu kühlenden Statorteile in dem Innenraum in großflächiger wärmeleitender Verbindung mit dem Kältemittel. Dabei können die zu kühlenden Statorteile außer einer Ständerwicklung auch Bleche eines Blechpaketes umfassen. Da im Betriebszustand in solchen Blechen ebenfalls Wärme
10 entsteht, ist diese effektiv an das Kältemittel zu übertragen.

Ferner kann der Stator der Maschine Kühlkanäle aufweisen, die in das Leitungssystem integriert sind. Solche Kühlkanäle
15 sind insbesondere dann für die Funktion des Thermosyphons von Vorteil, wenn der Stator senkrecht angeordnet ist (mit vertikal verlaufender Achse des Rotors), da dann entstehender Kältemitteldampf gut abströmen kann.

20 Außerdem kann die Kühleinrichtung zur Unterstützung der Wärmeabfuhr zusätzlich Strömungswege für eine Luftkühlung aufweisen.

Darüber hinaus ist es als besonders vorteilhaft anzusehen, wenn eine Heizungsvorrichtung an oder in dem Leitungssystem in einem Bereich vorgesehen ist, in dem sich das Kältemittel zumindest weitgehend im flüssigen Zustand befindet. Mit einer derartigen Heizungsvorrichtung lassen sich nämlich unerwünschte Druckunterschiede zwischen dem mit dem Kältemittel
30 gefüllten Statorinnenraum und dem umgebenden Außenraum bei Stillstand der Maschine (= Betriebsstillstand) vermindern oder ausgleichen. Denn bei Stillstand der Maschine fehlt nämlich weitgehend die eine Erwärmung des Kältemittels hervorru-
fende Wärmeerzeugung im Stator. Die Folge davon ist, dass
35 sich der Innenraum des Statorgehäuses wegen der über das Kältemittel nach wie vor eingebrachten Kälteleistung immer weiter abkühlt und so der Druck weit unter Umgebungsdruck ab-

sinkt. Durch einen solchen Unterdruck könnten in Verbindung mit tiefen Außentemperaturen auf Grund von Materialschrumpfungen Undichtigkeiten im Statorgehäuse entstehen, über die Luft eingesaugt werden könnte. Dies würde zu einer Verschiebung der Siedelinie des eingesetzten Kältemittels führen und so längerfristig den Thermosyphon-Kreislauf funktionsunfähig machen. Diese Gefahr ist bei Verwendung der besonderen Heizungs-
5 Vorrichtung auszuschließen. Denn mit der Heizungs-
Vorrichtung in dem angegebenen Bereich, vorzugsweise in einem
10 stirnseitigen Bereich des Stators, ist ein Absinken des
Stillstandsdruckes unter Umgebungsdruck zu verhindern. Durch
die Zufuhr von Wärme verdampft das Kältemittel auch im Be-
triebsstillstand. Der entsprechende Dampf kondensiert dann an
kalten Stellen des durch den Statorinnenraum gebildeten Teil
15 des Thermosyphon-Leitungssystems und heizt dort so das Lei-
tungssystem auf eine weitgehend gleichmäßige Temperatur auf.
Verbunden damit ist ein Druckanstieg in dem Leitungssystem
entsprechend der Siedekennlinie des verwendeten Kältemittels.
Dabei kann vorteilhaft die Heizleistung über einen Drucksens-
20 sor so geregelt werden, dass sich ein Druck von mindestens
Umgebungsdruck im Leitungssystem einstellt. Da im Betriebs-
stillstand praktisch keine Verlustleistung anfällt, muss die
Heizungsvorrichtung nur die konvektiven Verluste über das
Statorgehäuse an die Umgebung ausgleichen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen
Maschine gehen aus den vorstehend nicht angesprochenen abhän-
gigen Ansprüchen hervor.

30 Nachfolgend wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der
elektrischen Maschine nach der Erfindung anhand der Zeichnung
noch weiter erläutert, wobei von der mit der genannten DE-
Anmeldung 102 25 224.6 vorgeschlagenen Maschine ausgegangen
wird. Dabei zeigen jeweils schematisch
35 deren Figur 1 eine Statorkühlung mittels eines Verdampfungs-
kühlers der vorgeschlagenen Maschine,

deren Figur 2 eine direkte Statorkühlung mittels diskreter Kühlkanäle innerhalb eines Statorgehäuses dieser vorgeschlagenen Maschine,

deren Figur 3 eine erfindungsgemäße Ausgestaltung dieser Maschinen

und

deren Figur 4 die temperaturabhängigen Druckverhältnisse in dem Kältemittel der erfindungsgemäßen Maschine.

Bei der elektrischen Maschine nach der Erfindung wird von an sich bekannten Maschinen des höheren Leistungsbereiches wie z.B. von Generatoren ausgegangen. Nicht dargestellte Teile sind allgemein bekannt.

Gemäß Figur 1 weist die Maschine 2 einen gekühlten oder ungekühlten Rotor 3 auf, der um eine Achse A drehbar gelagert ist. Der Rotor ist unter Einhaltung eines Zwischenraums 4 mit ringförmigem Querschnitt von einem Stator 5 zumindest teilweise umschlossen, von dem in der Figur nur einzelne Bleche 5_i eines Blechpaketes dargestellt sind. Zwischen zwei dieser scheibenförmigen Bleche 5₁ und 5₂, die in der Figur axial auseinander gezogen dargestellt sind, ist ein scheibenförmiger Kältemittelraum 7 ausgebildet. In gewissen Abständen (in axialer Richtung gesehen) sind entsprechende Kältemittelräume in das Blechpaket integriert bzw. eingestapelt und/oder eingepresst. Auf diese Weise sind große Wärmeaustauschflächen zwischen einem in dem mindestens einen Kältemittelraum befindlichen Kältemittel k und den benachbarten Blechen des Blechpaketes 5 zu gewährleisten.

Als Kältemittel kommen je nach Erfordernis des zu wählenden Temperaturniveaus verflüssigbare Gase wie Propan, Butan, Aceton oder Neon oder in der Standardkältetechnik verwendete azeotrope Mischungen in Frage.

Konstruktiv lässt sich der wenigstens eine Kältemittelraum 7 auf folgende Weise günstig herstellen, nämlich

- durch zwei mittels Abstandshaltern separierte Bleche, die entlang der Ränder druckdicht zusammengeschweißt werden,
- oder durch Verwendung von Elementen, die durch eingebrachte Sicken zueinander auf Distanz gehalten werden.

5

Der wenigstens eine Kältemittelraum 7 ist Teil eines geschlossenen Leitungssystems 10 für das in ihm zirkulierende Kältemittel k . Das Leitungssystem enthält auf geodätisch höherem Niveau einen Kondensorraum 8, der mit dem Kältemittelraum 7 zwischen den Statorblechen 5₁ und 5₂ über eine Kältemittelzuführungsleitung 11 und eine Kältemittelrückleitung 12 verbunden ist.

10

15

20

Die Kälteleistung zur Kühlung des Stators wird von einer nicht näher dargestellten Kälteeinrichtung bereitgestellt, die beispielsweise wenigstens einen an ihrem kalten Ende befindlichen Kaltkopf aufweist. Ein solcher Kaltkopf besitzt eine auf einem vorbestimmten Temperaturniveau zu haltende, beliebig gestaltete Kaltfläche 14 auf oder ist mit dieser thermisch verbunden. An diese Kaltfläche sind thermisch der Innenraum der Kondensorkammer 8 und damit das Kältemittel angekoppelt; beispielsweise kann die Kaltfläche 14 auch eine Wand dieses Raumes bilden.

30

35

An der Kaltfläche 14 kondensiert das Kältemittel und gelangt auf Grund des geodätischen Gefälles in flüssiger, mit k_f bezeichneter Form über die Zuleitung 11 in den Kältemittelraum 7 im Bereich des zu kühlenden Ständerblechpaketes 5. Der dort vorhandene Kältemittelspiegel ist mit 9 bezeichnet. Dort erwärmt sich das Kältemittel, beispielsweise unter zumindest teilweiser Verdampfung, wie in der Figur durch einzelne Dampfblasen 9' angedeutet sein soll. Das somit gasförmige Kältemittel k_g strömt aus diesem Raum 7 über die Rückleitung 12 in den Kondensorraum 8, wo es an der Kaltfläche 14 rekon-

densiert. Ein derartiger Naturumlauf mit Sieden und Verdampfen bildet das Thermosyphon-Prinzip (vgl. auch DE 41 08 981 C2 oder DE 100 18 169 A1).

Für die in Figur 2 nur teilweise im Schnitt dargestellte elektrische Maschine 22 ist eine Kombination einer Luftkühlung mit einer Thermosyphon-Kühlung ihres Stators 25 vorgesehen. Die Luftzirkulation erfolgt dabei in bekannter Weise (vgl. z.B. die eingangs genannte EP 0 853 370 A1 oder die EP 0 522 210 A1) und ist durch gepfeilte Linien Lf veranschaulicht. Durch das Paket der Statorbleche 25_i verlaufen zusätzlich in axialer Richtung Kühlkanäle 27 eines Leitungssystems 20. Diese Kühlkanäle münden stirnseitig wiederum in eine Kältemittelzuleitung 11 bzw. eine Kältemittelrückleitung 12. Diese Leitungen 11 und 12 sind mit einem Kondensorraum 28 mit Kaltfläche 14 zur Rückkühlung des in dem Leitungssystem 20 unter Ausnutzung eines Thermosyphon-Effektes zirkulierenden, allgemein mit k bezeichneten Kältemittels verbunden. Entweder münden die Leitungen 11 und 12 in diesen Raum, in dem dann eine Kondensation von gasförmigem Kältemittel k_g zu flüssigem Kältemittel k_f erfolgt. Oder aber es ist - wie für das Ausführungsbeispiel angenommen - eine indirekte Kühlung durch ein weiteres Kältemittel k' vorgesehen, das den Raum 28 erfüllt. Dabei verläuft das Leitungssystem 20 durch diesen Raum hindurch, wo ein Wärmeaustausch mit dem Kältemittel k' durch die Wand des Leitungssystems hindurch geschieht. Bei dieser Ausführungsform erfolgt also die Kühlung der Statorstäbe bzw. -bleche 25_i statt mit einer Zwangsumlaufkühlung durch Wasser hier in einem geschlossenen Kreislauf mit einem thermodynamisch vorteilhaften, dem Betriebszustand (pT) angepassten Kältemittel k, wobei die Bleche 25_i mit ihren Kühlkanälen 27 als Verdampfer dienen. Wegen der beiden getrennten Leitungen 11 und 12 wird das Thermosyphon-Leitungssystem 20 auch als „Zwei-Rohr-Thermosyphon“ bezeichnet.

Bei den an Hand der Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen werden vorteilhaft mehrere Verdampferkühler eingesetzt, die wahlweise entweder durch einzelne Kühlkreisläufe mit dem Kondensorraum verbunden werden oder deren Zu- und Rückleitungen als gesammelte Leitungen ausgeführt werden. Der Vorteil

liegt hierin in einem kleineren Verrohrungsaufwand, wobei für eine wärmegerechte Aufteilung der Kühlmittelströme durch die einzelnen Verdampfer gesorgt werden muss. Auf Grund des hohen Wärmeübergangs beim Kondensieren werden das Bauvolumen zur Rückkühlung und damit die Kosten durch den Einsatz der Thermosyphon-Kühlung gegenüber einer Luft/Luft-Kühlung oder Luft/Wasser-Kühlung reduziert.

Abweichend von der für die Ausführungsformen nach der DE-Anmeldung 102 25 224.6 angenommenen Bereitstellung der Kälteleistung mittels des Kaltkopfes eines Kryokühlers auf einem verhältnismäßig niedrigen Temperaturniveau kann, insbesondere wenn vergleichsweise höhere Betriebstemperaturen zuzulassen sind, eine Rückkühlung eines Kältemittels an einer Kaltfläche auch mittels Wassers oder Umgebungsluft erfolgen. Denn Voraussetzung für die Zirkulation des entsprechenden Kältemittels nach dem Thermosyphon-Effekt ist lediglich das Temperaturgefälle zwischen der Kaltfläche einer Kälteeinheit und den zu kühlenden Statorteilen.

Die meisten der vorstehend angesprochenen Ausführungsformen der mit der DE-Anmeldung 102 25 224.6 vorgeschlagenen Maschine kommen auch für die Maschine nach der Erfindung in Frage. Abweichend davon weist die erfindungsgemäße Maschine eine besondere Ausgestaltung des Thermosyphon-Leitungssystems ihrer Kühleinrichtung auf. Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer solchen erfindungsgemäßen Maschine ist als Schnitt schematisch in Figur 3 veranschaulicht. Dabei zeigt diese Figur 3 im Wesentlichen nur die erfindungsgemäße Ausbildung einer Kälteeinrichtung. Die allgemein mit 30 bezeichnete Maschine enthält einen Stator 31 mit einem Statorgehäuse 32, das einen nach außen abgedichteten Innenraum 33 umschließt. In diesem Innenraum soll sich zumindest ein Großteil der zu kühlenden Statorteile befinden. Dementsprechend ist indem Innenraum 33 eine an sich bekannte Ständerwicklung 34 zusammen mit weiteren Statorteilen wie insbesondere zur Aufnahme oder Halterung der Wicklung und zu einer Magnetflussführung wie z.B. Blech-

pakete untergebracht. Erfindungsgemäß soll der Innenraum 33 als ein integrierter Teil eines Thermosyphon-Leitungssystems 35 ausgebildet sein, dessen Funktionsweise der Funktionsweise des an Hand von Figur 2 beschriebenen Leitungssystems 20 entspricht. Im Betriebszustand der Maschine nimmt in diesem Innenraum 33 das über eine Zuleitung 11 zugeführte flüssige Kältemittel k_f unter Verdampfung von den zu kühlenden Stator-teilen erzeugte Wärme auf. Zur Verbesserung der Abfuhr des verdampften, gasförmigen Kältemittels k_g insbesondere im Fall einer senkrechten Anordnung der Maschine bzw. deren Achse A können noch durch die zu kühlenden Statorteile Kühlkanäle oder -rohre 36 verlaufen. Dabei sind für eine senkrechte Anordnung, wie sie der Figur 3 zugrunde gelegt ist, über den Füllstand hinausragende Rohre 36 vorteilhaft, da so über sie im unteren Teil der Gehäuses entstehender Dampf gut nach oben abzuleiten ist.

Bei Stillstand der Maschine 30 fehlen die entsprechenden Wärmequellen weitgehend. Deshalb kann vorteilhaft dem Thermosyphon-Leitungssystem 35 in einem Bereich 37, in den das von einem Kondensorraum 28 kommende, flüssige Kältemittel k_f gelangt, eine elektrische Heizungsanordnung 38 zugeordnet sein. Dieser Bereich 37 kann sich vorzugsweise an der Stirnseite des Stators 31 oder gegebenenfalls auch an einer Stelle der Kältemittelzuleitung 11 befinden, an der das Kältemittel k_f noch im flüssigen Zustand ist. Mit dieser Heizungsanordnung kann das Kältemittel zusätzlich erwärmt, vorzugsweise verdampft werden, so dass sich dann ausgehend von dem Bereich 37 in dem Innenraum 33 eine Druckerhöhung einstellt. D.h., mit dieser Heizungsanordnung kann in diesem Bereich eine Druckregelung erfolgen. Die Steuerung der Heizleistung für die Druckeinstellung erfolgt dabei mit Hilfe bekannter Mittel, die insbesondere Drucksensoren umfassen können.

Ein Ausführungsbeispiel einer entsprechenden Druckerhöhung ist in dem Diagramm der Figur 4 für das Kältemittel mit der Warenbezeichnung „R236fa“ [Firma DuPont] angedeutet. Dabei

sind in Abszissenrichtung die Temperatur T des Kältemittels in dem Bereich 37 (gemessen in $^{\circ}\text{C}$) und in Ordinatenrichtung der Druck p in dem Kältemittel (gemessen in $\text{bar} = 10^5 \text{ Pa}$) angegeben. Wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, kann mit der

5 erfindungsgemäßen Heizungsvorrichtung 38 eine Druckerhöhung/-regelung bei -40°C , der Temperatur des zugeführten flüssigen Kältemittels k_f , von z.B. etwa 0,1 bar auf etwa 1,0 bar bei dieser Temperatur vorgenommen werden. Eine solche Druckerhöhung wird vorzugsweise dann eingeplant, wenn sich der Rotor 3

10 der Maschine 30 im Stillstand befindet und eine Unterkühlung des Stators 31 mit Druckabfall in seinem Innenraum 33 zu befürchten ist. In dem Diagramm beschreibt die Kurve p_1 die Druckverhältnisse, die sich im Innenraum des Stators ohne zusätzliche Heizleistung der Heizungsvorrichtung bei Rotor-

15 stillstand einstellen würde. Dabei stellt die Kurve p_1 die Siedelinie des gewählten Kältemittels dar. Bei eingeschalteter Heizungsvorrichtung ergeben sich dann die durch die Kurve p_2 veranschaulichten Druckverhältnisse, die eine Anhebung auf den Umgebungsdruck um das Statorgehäuse 32 auf z.B. 1 bar ermöglichen. Dabei wird zweckmäßig nur soviel zusätzliche Heiz-

20 leistung in das Kältemittel erbracht, wie zur Angleichung der Druckunterschiede zwischen dem Innendruck des Leitungssystems und dem Umgebungsdruck erforderlich ist.

Selbstverständlich kann mit der erfindungsgemäßen Heizvorrichtung auch eine zusätzliche Heizleistung bei Rotation des Rotors erbracht werden, falls die von den zu kühlenden Statorteilen im Innenraum verursachte Wärmeerzeugung nicht aus-

30 reichen sollten.

Bei der an Hand der Figur 3 dargestellten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Maschine 30 wurde davon ausgegangen, dass die Heizungsvorrichtung 38 ausschließlich im stirnseitigen Bereich 37 des Stators 31 befindet. Eine Anordnung dieser

35 Heizungsvorrichtung in diesem Bereich ist zwar als besonders vorteilhaft anzusehen, da dort eine Erwärmung des beim Eintritt in den Stator im Allgemeinen noch flüssigen Kältemit-

tels sowieso erfolgt. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass sich die Heizungsanlage - in Strömungsrichtung des Kältemittels gesehen - von dem stirnseitigen Bereich auch noch in axiale Bereiche des Statorinnenraums bzw. des Leitungssystems erstreckt, falls sich dort das Kältemittel noch im flüssigen Zustand befindet. Gegebenenfalls kann die Heizungsanlage 38 aber auch vor dem Eintrittsbereich des flüssigen Kühlmittels k_f in den Stator an der Zuleitung 11 angebracht sein.

10

Im Allgemeinen wird man eine elektrisch beheizte Vorrichtung 38 unmittelbar an oder in dem Thermosyphon-Leitungssystem vorsehen. Gegebenenfalls kann aber auch die Heizleistung auf andere Weise, z.B. indirekt über einen Wärmetauscher, in das Kältemittel eingebracht werden.

15

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine mit
 - einem drehbar gelagerten Rotor,
 - 5 - einem zugeordneten, ortsfesten Stator sowie
 - einer Einrichtung zur Kühlung zumindest des Stators oder Teilen von diesem, wobei die Kühleinrichtung wenigstens eine Kaltfläche einer Kälteeinheit aufweist, an die zu
 - 10 kühlende Teile des Stators über ein Leitungssystem thermisch angekoppelt sind, in dem eine Zirkulation eines teils flüssigen, teils gasförmigen Kältemittels nach einem Thermosyphon-Effekt vorgesehen ist oder erfolgt,
 - 15 nach Patent, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zumindest ein Großteil der zu kühlenden Teile (34) des Stators (31) im Innenraum (33) eines Statorgehäuses (32) angeordnet sind, der (33) als ein integrierter Teil des Thermosyphon-Leitungssystems (35) ausgebildet ist.
- 20 2. Maschine nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h n e t durch eine Heizungsvorrichtung (38) an dem Leitungssystem (35) in einem Bereich (37), in dem sich das Kältemittel (k) zumindest weitgehend im flüssigen Zustand (k_f) befindet.
3. Maschine nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass sich die Heizungsvorrichtung (38) an oder in dem Leitungssystem (35) zumindest in einem stirnseitigen Bereich (37) des Stators (31) befindet.
- 30 4. Maschine nach Anspruch 2 oder 3, g e k e n n z e i c h n e t durch eine Steuerung der Heizleistung der Heizungs-
vorrichtung (38) mittels eines Drucksensors.
- 35 5. Maschine nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Kaltfläche (14) an oder in einem Kondensorraum (8,

28) angeordnet ist, der in das Leitungssystem (35) integriert ist.

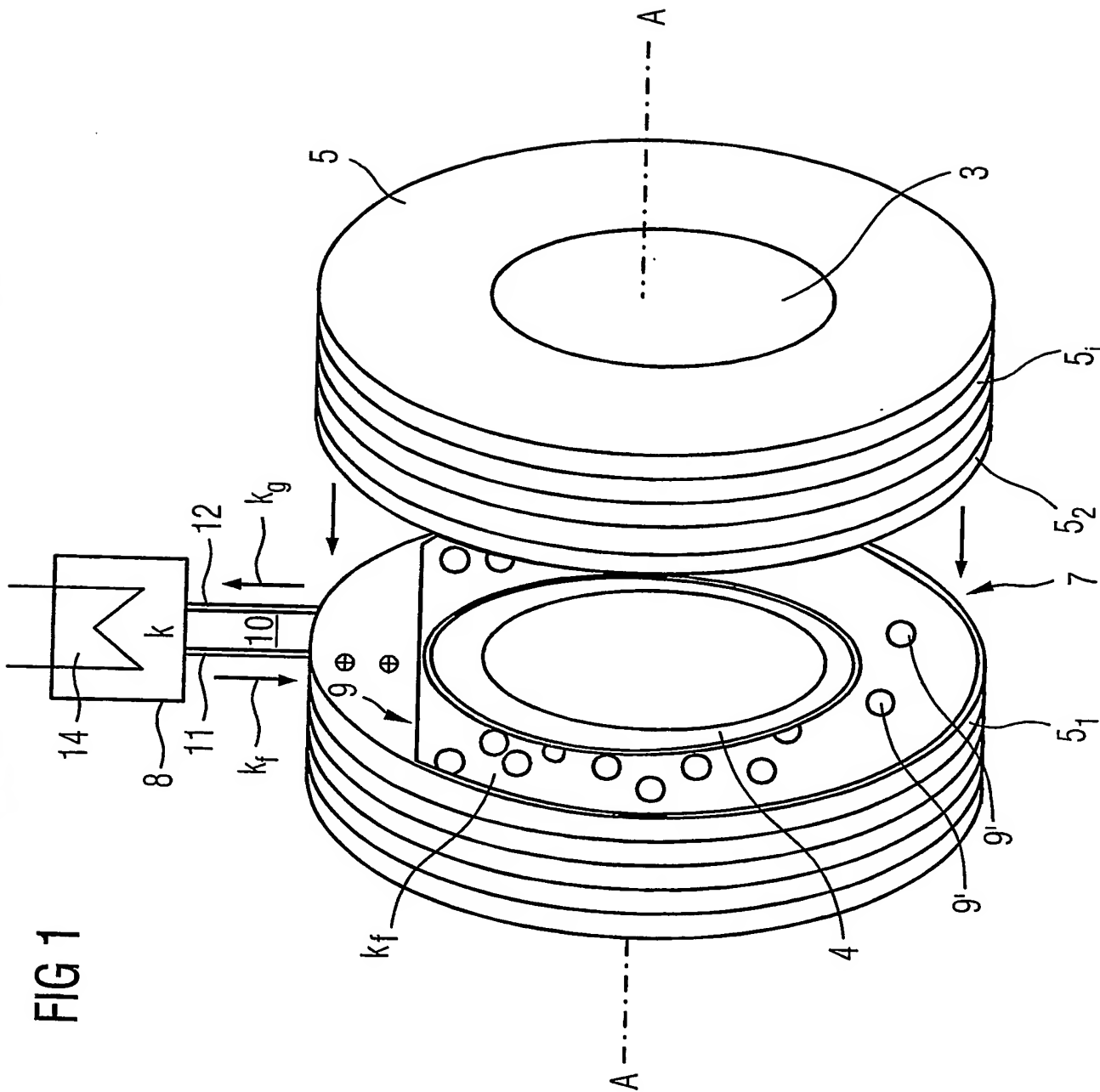
- 5 6. Maschine nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die zu kühlenden Statorteile in dem Innenraum (33) in großflächiger wärmeleitender Verbindung mit dem Kältemittel stehen.
- 10 7. Maschine nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die zu kühlenden Statorteile außer einer Ständerwicklung (34) Bleche (5i) eines Blechpaketes (5) umfassen.
- 15 8. Maschine nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der Stator (31) Kühlkanäle (36) aufweist, die in das Leitungssystem (35) integriert sind.
- 20 9. Maschine nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Kühleinrichtung zusätzlich Strömungswege für eine Luftkühlung (Lf) aufweist.

Zusammenfassung

Elektrische Maschine mit Statorkühleinrichtung

- 5 Die elektrische Maschine (30) enthält einen ortsfesten Stator (31) um einen drehbar gelagerten Rotor (3). Es ist wenigstens eine Kälteeinheit vorgesehen, an die zu kühlende Teile des Stators (31) über ein Leitungssystem (35) thermisch angeschlossen sind, in dem eine Zirkulation eines Kältemittels (k , k_f , k_g) nach einem Thermosyphon-Effekt erfolgt. Zu kühlende Teile (34) des Stators (31) sind im Innenraum (33) eines Statorgehäuses (32) angeordnet, der in das Leitungssystem (35) integriert ist. Zur Aufrechterhaltung des Drucks im Innenraum (33) bei Betriebsstillstand ist eine Heizungsanordnung (38) vorgesehen.
- 10
- 15

FIG 3



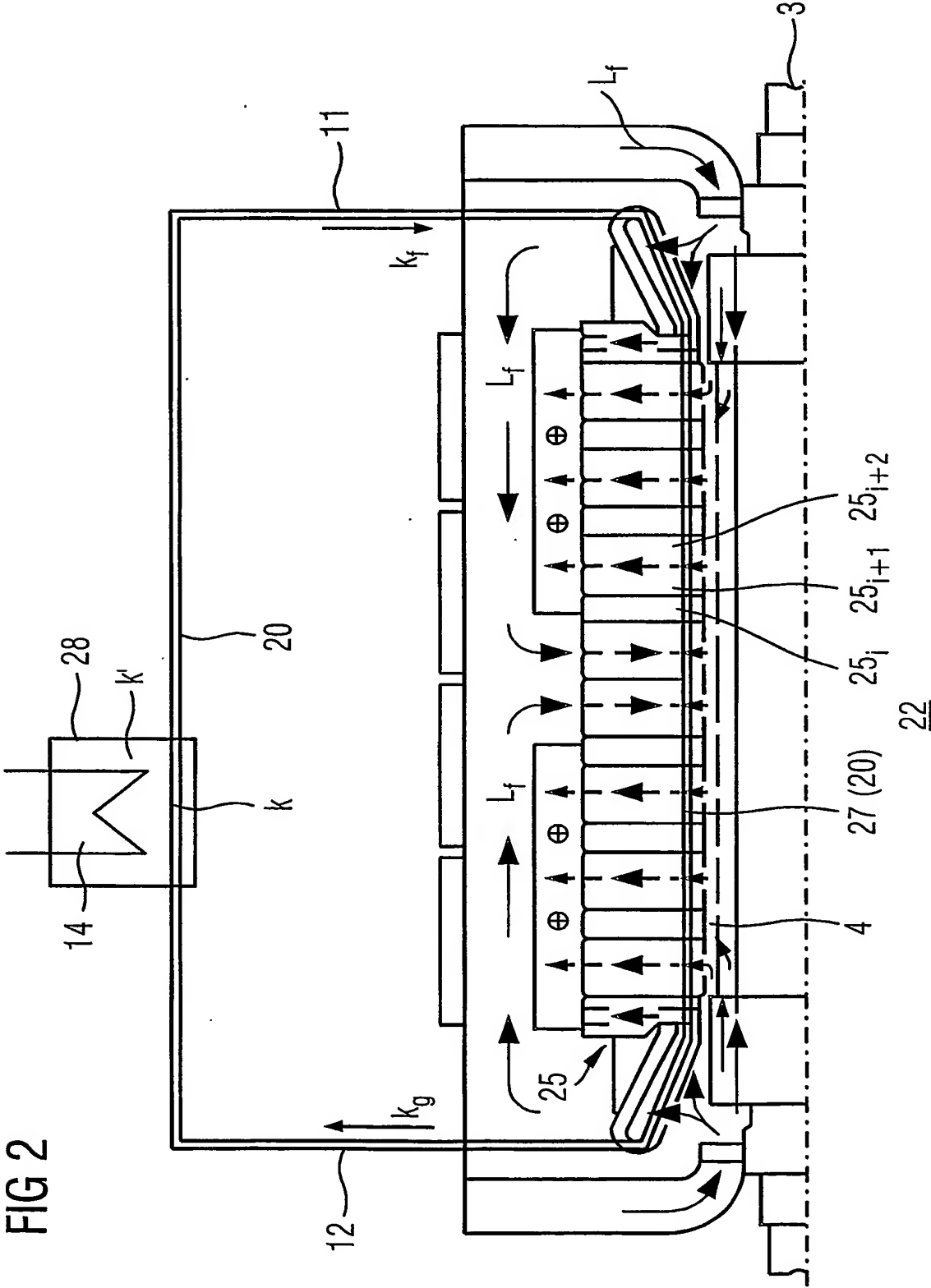


FIG 3

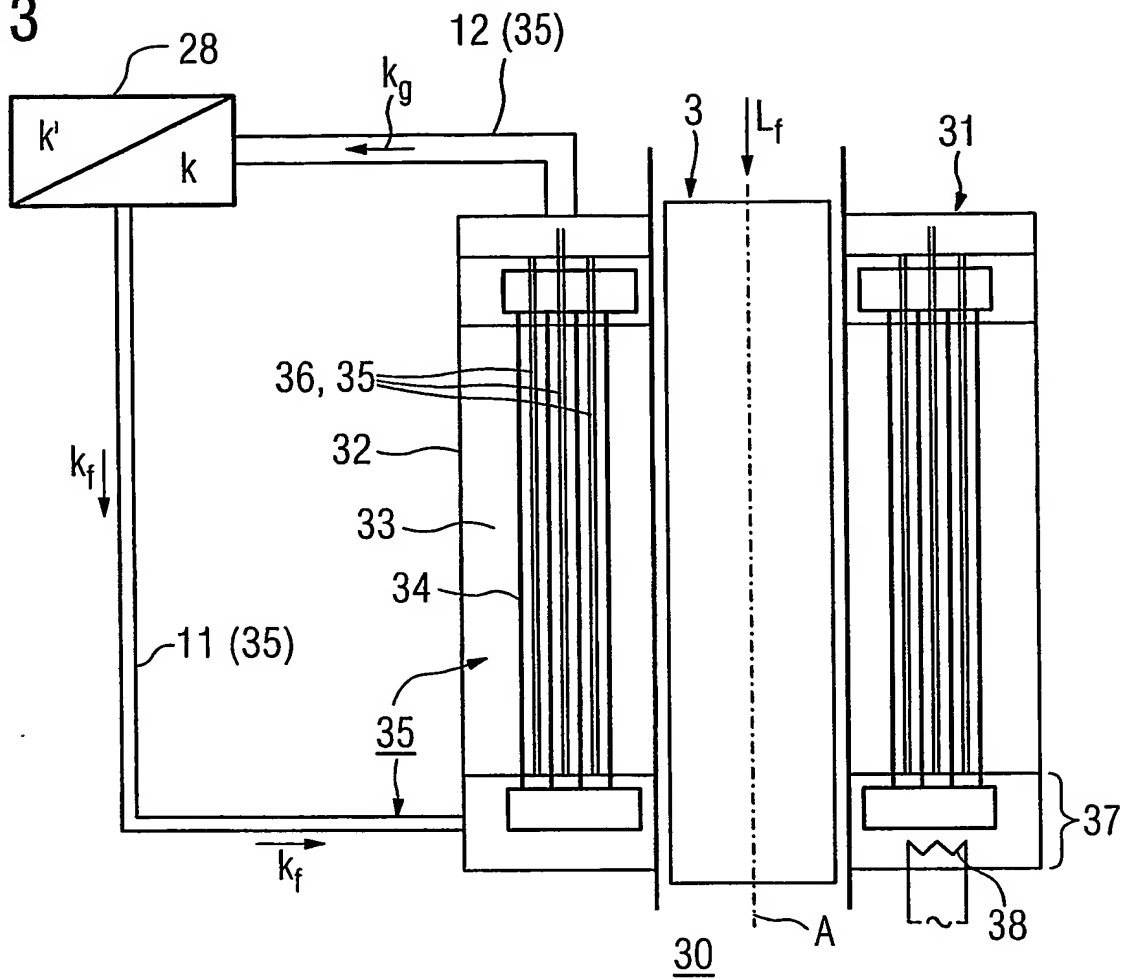
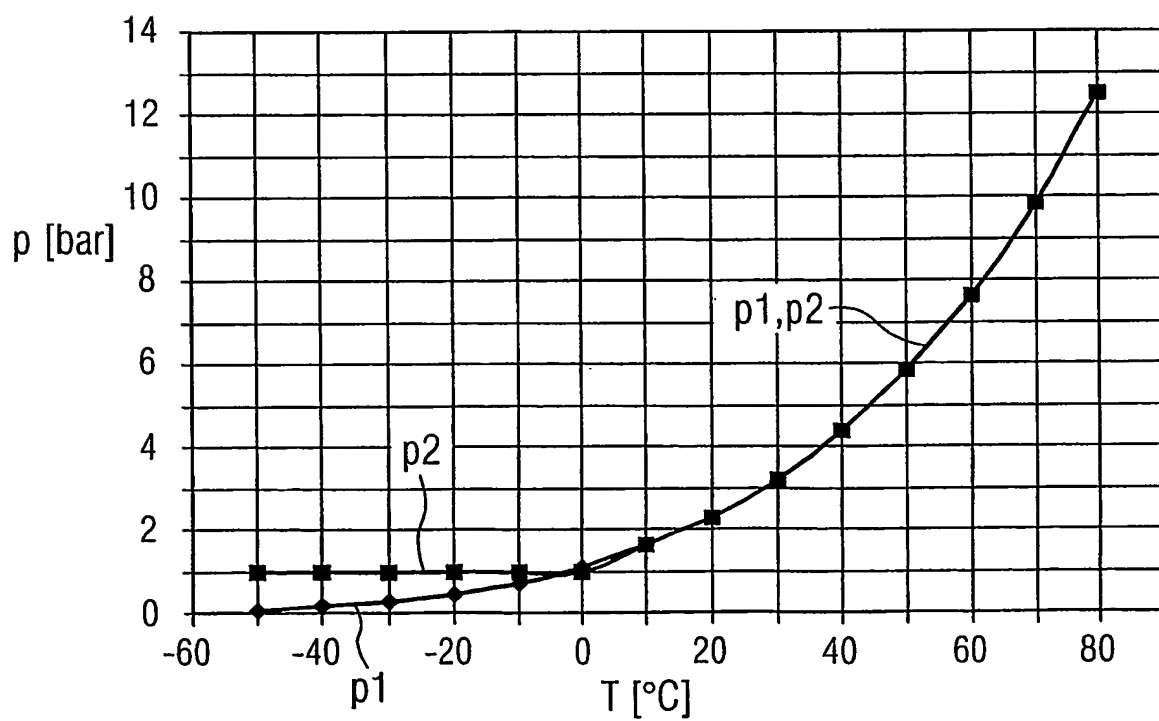


FIG 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.